

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-179253

(43)Date of publication of application : 27.06.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01L 21/205

(21)Application number : 2001-379707

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 13.12.2001

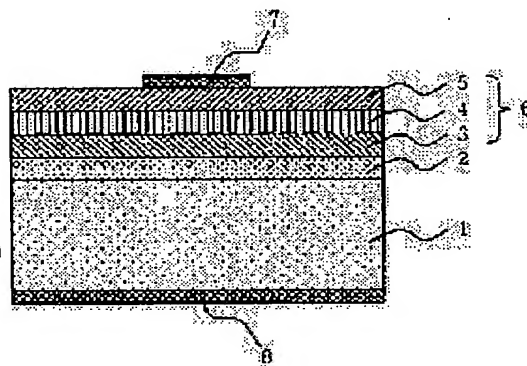
(72)Inventor : FUJIWARA AKIHIRO  
KONDOU KATSUAKI

## (54) OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of manufacturing an optical semiconductor device and the semiconductor device which accurately controls the adhesion interface resistance between a light emitting layer of an InGaAlP or AlGaAs compound semiconductor and a GaP substrate and adheres them together.

**SOLUTION:** The method comprises a step of epitaxially growing a first conductivity type clad layer 5 of an InGaAlP or AlGaAs compound semiconductor, and a second conductivity type clad layer 3 of the same compound semiconductor laminated directly or through a nondoped active layer 4 of the same compound semiconductor one above the other to form a light emitting layer 6 on a first conductivity type semiconductor substrate 9; a step of introducing a reactive gas, a carrier gas and a second conductivity type dopant gas onto on a second conductivity type GaP substrate 1 surface to epitaxially grow a second conductivity type GaP buffer layer 2 by a MOCVD method; a step of adhering the light emitting layer 6 surface to the GaP buffer layer surface 2; a step of removing the semiconductor substrate 9; and a step of forming electrodes on the light emitting layer 6 surface and the GaP substrate 1 backside.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-179253

(P2003-179253A)

(43) 公開日 平成15年6月27日 (2003.6.27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 33/00  
21/205

H 0 1 L 33/00  
21/205

A 5 F 0 4 1  
5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-379707(P2001-379707)

(22) 出願日 平成13年12月13日 (2001.12.13)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 藤原 章裕

福岡県北九州市小倉北区下到津1丁目10番  
1号 株式会社東芝北九州工場内

(72) 発明者 近藤 且章

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン  
ター内

(74) 代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外2名)

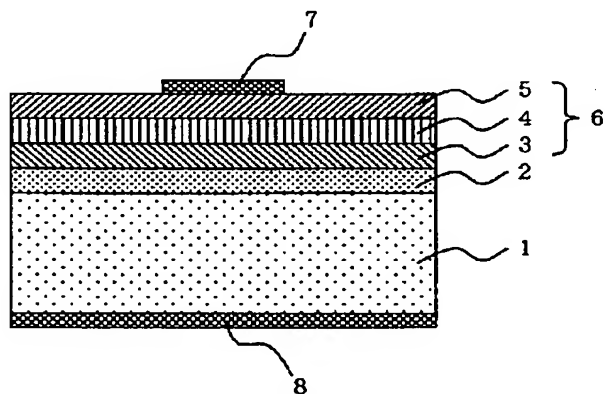
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光半導体装置の製造方法及び光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる発光層とGaP基板を、接着界面抵抗を精度良く制御して貼り合わせることが可能な光半導体装置の製造方法及び光半導体装置を提供すること。

【解決手段】 第1導電型の半導体基板9上に、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第1導電型のクラッド層5と、直接或いはノンドープの同系化合物半導体からなる活性層4を介して、同系化合物半導体からなる第2導電型のクラッド層3を順次エピタキシャル成長させ発光層6を形成する工程と、第2導電型のGaP基板1表面に、反応ガス、キャリアガスとともに第2導電型のドーパントガスを導入し、MOCVD法により第2導電型のGaPバッファ層2をエピタキシャル成長させる工程と、発光層6表面と、GaPバッファ層表面2を接着する工程と、半導体基板9を除去する工程と、発光層6表面及びGaP基板1裏面に夫々電極を形成する工程とを具備する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型の半導体基板上に、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第1導電型のクラッド層と、直接、或いはInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなるノンドープの活性層を介して、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第2導電型のクラッド層を順次エピタキシャル成長させ発光層を形成する工程と、第2導電型のGaP基板表面に、反応ガス、キャリアガスとともに第2導電型のドーパントガスを導入し、MOVPE法により第2導電型のGaPバッファ層をエピタキシャル成長させる工程と、前記発光層表面と、前記GaPバッファ層表面を接着する工程と、前記半導体基板を除去する工程と、前記発光層表面及び前記GaP基板裏面に夫々電極を形成する工程とを具備することを特徴とする光半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記ドーパントガスは、p型ドーパントガスのジメチル亜鉛、シクロペンタジエニルマクネシウムのうち少なくともいずれか、又はn型ドーパントガスのSiH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>Seのうち少なくともいずれかであることを特徴とする請求項1記載の光半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記発光層表面と前記GaPバッファ層表面を重ね合わせ、少なくとも2段階に加熱圧着することにより、前記発光層表面と前記GaPバッファ層表面を接着することを特徴とする請求項1又は2記載の光半導体装置の製造方法。

【請求項4】 第1導電型のGaP基板と、この表面にエピタキシャル成長した第1導電型のGaPバッファ層と、このGaPバッファ層上に形成されたInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第1導電型の第1のクラッド層と、この第1のクラッド層上に直接、或いはノンドープのInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる活性層を介して形成されたInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第2導電型の第2のクラッド層と、この第2のクラッド層上に形成された第1の電極と、前記GaP基板の裏面に形成された第2の電極を備え、前記GaPバッファ層の膜厚は10μm未満で、キャリア濃度は $1.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 以上 $3.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 以下に制御されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項5】 前記GaPバッファ層のドーパントは、p型のZn、Mg又はn型のSi、Seであることを特徴とする請求項4記載の光半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光半導体装置の製

2

造方法に係り、特に高輝度LEDの基板接着工程に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、高機能の表示パネルに用いられる赤色系等のLEDにおいては、例えば、図10に示すように、n型GaAs基板上14に、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなるn型クラッド層15、活性層16、p型クラッド層17を夫々エピタキシャル成長させた発光層18が形成されており、n型GaAs基板裏面上及び発光層表面上にそれぞれ電極19、20が形成されている。そして、両電極に電圧を印加することにより発光層において光を発生させ、外部に取出される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、発光時に外部に取出されるべき光はGaAs基板側にも進み、そこで吸収されてしまうため、発光効率が低下するという問題があった。そこで発光層直下に反射層を設けて高効率化を図ったが、十分とはいえなかった。また、GaAs基板を黄色から赤色に対して透明なGaP基板と置き換えることが検討されたが、格子定数が異なりInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体をエピタキシャル成長することができない。

【0004】 そこで、逆に発光層上にGaP基板を貼り合せる基板接着プロセスが検討された。貼り合せにより格子定数の異なる結晶を結晶性に影響することなく積層することが可能となる。

【0005】 しかしながら、p型GaP基板は、キャリア濃度の制御が困難で、実際キャリア濃度 $0.5 \sim 5 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ というばらつきがある状態で供給されるので、これを発光層に直接接着すると、図9に示すように、基板接着面のキャリア濃度に支配される接着界面における抵抗値も大きく変化し、デバイス不良を引き起こす、という問題があった。

【0006】 本発明は、従来の光半導体装置の製造方法における欠点を取り除き、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる発光層とGaP基板を、接着界面抵抗を精度良く制御して貼り合せることが可能な光半導体装置の製造方法及び光半導体装置を提供することを目的とするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の光半導体装置の製造方法は、第1導電型の半導体基板上に、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第1導電型のクラッド層と、直接、或いはInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなるノンドープの活性層を介して、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第2導電型のクラッド層を順次エピタキシャル成長させ発光層を形成する工程と、第2導電型のGaP基板表面に、反応ガス、キャリアガス

3

とともに第2導電型のドーパントガスを導入し、MOCVD法により第2導電型のGaPバッファ層をエピタキシャル成長させる工程と、前記発光層表面と、前記GaPバッファ層表面を接着する工程と、前記半導体基板を除去する工程と、前記発光層表面及び前記GaP基板裏面に夫々電極を形成する工程とを具備することを特徴とするものである。

【0008】また、本発明の光半導体装置の製造方法においては、前記ドーパントガスは、p型ドーパントガスのジメチル亜鉛、シクロペンタジエニルマクネシウムのうち少なくともいずれか、又はn型ドーパントガスのSiH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>Seのうち少なくともいずれかであることを特徴としている。

【0009】そして、本発明の光半導体装置の製造方法においては、不活性ガス雰囲気中で前記発光層表面と前記GaPバッファ層表面を重ね合わせ、少なくとも2段階に加熱圧着することにより、前記発光層表面と前記GaPバッファ層表面を接着することを特徴としている。

【0010】さらに、本発明の光半導体装置は、第1導電型のGaP基板と、この表面にエピタキシャル成長した第1導電型のGaPバッファ層と、このGaPバッファ層上に形成されたInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第1導電型の第1のクラッド層と、この第1のクラッド層上に直接、或いはノンドープのInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる活性層を介して形成されたInGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる第2導電型の第2のクラッド層と、この第2のクラッド層上に形成された第1の電極と、前記GaP基板の裏面に形成された第2の電極を備え、前記GaPバッファ層の膜厚は10μm未満で、キャリア濃度は $1.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 以上 $3.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ 以下に制御されていることを特徴とするものである。

【0011】そして、本発明の光半導体装置においては、前記GaPバッファ層のドーパントは、p型のZn、Mg又はn型のSi、Seであることを特徴としている。

【0012】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施形態について、図1乃至図9を参照して説明する。

【0013】本発明の光半導体装置は、図1に示すように、p型GaP基板1上にp型GaPバッファ層2、p型クラッド層3、活性層4、n型クラッド層5からなる発光層6が順次積層され、発光層6上にパターンニングされたn側電極7がp型GaP基板1裏面側にp側電極8が形成された構造となっている。

【0014】このような光半導体装置は、以下のように形成される。まず、図2に示すように、n型GaAs基板9の表面に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Depositio

4

n) 法により、n型クラッド層5を形成する。反応ガスには、トリメチルガリウム (以下TMG)、トリメチルアルミニウム (以下TMA)、トリメチルインジウム (以下TMI n) 及びホスフィン (以下PH<sub>3</sub>) を用い、n型ドーパントガスのSiH<sub>4</sub>とキャリアガスのH<sub>2</sub>とともにMOCVD装置中に導入し、500~900℃でエピタキシャル成長させ、In<sub>0.49</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.51</sub>Pからなる厚さ0.5μmのn型クラッド層5が形成される。

【0015】次いで、活性層4を形成する。n型クラッド層5形成時と同じ種類の反応ガスを用いてキャリアガスのH<sub>2</sub>とともにMOCVD装置中に導入し、同様にしてノンドープでGaとAlの混晶比の異ならせることによりクラッド層よりバンドギャップを小さくしたIn<sub>0.49</sub>(Ga<sub>0.75</sub>Al<sub>0.25</sub>)<sub>0.51</sub>Pからなる厚さ0.5μmの活性層4が形成される。

【0016】さらにp型クラッド層3を形成する。n型クラッド層5形成時と同じ種類の反応ガスを用い、p型ドーパントガスのジメチル亜鉛 (以下DMZ) とキャリアガスのH<sub>2</sub>とともにMOCVD装置中に導入し、同様にしてIn<sub>0.49</sub>(Ga<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)<sub>0.51</sub>Pからなる厚さ0.5μmのp型クラッド層3が形成される。このようにしてn型クラッド層5、活性層4、p型クラッド層3からなる発光層6が形成される。

【0017】一方、図3に示すように、p型GaP基板1表面に、MOCVD法によりp型バッファ層2を形成する。反応ガスには、TMG及びPH<sub>3</sub>を用い、p型ドーパントガスのDMZとキャリアガスのH<sub>2</sub>とともにMOCVD装置中に導入し、温度：600~800℃、圧力：30~40 Torr、ステージ回転数：500~1000 rpm、TMG流量：50~100 ccm、PH<sub>3</sub>流量：200~1000 ccm、DMZ流量：5~20 ccmでエピタキシャル成長させ、キャリア濃度 $1.0 \times 10^{18} \sim 5.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ のp型GaPバッファ層2を0.1~5.0μm形成する。

【0018】次いで、このp型GaPバッファ層2と、先にn型GaAs基板9上に形成した発光層6を接着させる。p型GaPバッファ層2表面とp型クラッド層3表面を重ね合わせ、Ar雰囲気にて、1回目の熱処理温度：350~500℃、2回目の熱処理温度：700~800℃で、圧力：約5 kg/cm<sup>2</sup>で2段階に加熱圧着することにより、図4に示すように、p型GaP基板1上にp型GaPバッファ層2、発光層6、n型GaAs基板9が順次積層された状態を得る。

【0019】そして、図5に示すように、n型GaAs基板9をH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の混合液によりエッチング除去し、露出したn型クラッド層5表面にAu-Ge-Ni合金等公知の電極材料からなるn側電極7を形成し、さらにp型GaP基板1裏面に、Au-Ti合金、Au-Zn-Ni合金等公知の電極材料からなるp側電

10

20

30

40

50

5

極8を、夫々真空蒸着等公知の方法により形成することにより、図1に示すような構造を得る。

【0020】さらに、n側電極7をパターニング後ワイヤー10を介して、またp側電極8（図示せず）を反射板11を介してリード12と接続し、樹脂13で封止することにより、図6に示すような光半導体装置が形成される。

【0021】このようにして形成された光半導体素子において、GaPバッファ層2中の深さ方向と面内のキャリア濃度をSIMS分析により測定したところ、夫々図7、図8に示すように $1.0 \sim 3.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ の範囲で精度良く制御されていることがわかる。尚、GaPバッファ層2中のキャリア濃度は、素子の規格により例えば $1.0 \sim 5.0 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ の範囲で設定された所定の濃度範囲に制御することが可能である。

【0022】また、MOCVD法により形成されたGaPバッファ層2の表面状態は良好で、何ら表面処理を必要とすることなく、発光層6との良好な接着性が得られ、界面抵抗の上昇も認められず、図9に界面抵抗と接着面キャリア濃度との関係を示すように、界面抵抗も精度良く制御されていることがわかる。

【0023】尚、本実施形態においては、Ar雰囲気中での2段階の熱処理によってGaPバッファ層と発光層の接着を行ったが、Ar等不活性ガス雰囲気中とすることにより、従来のH<sub>2</sub>雰囲気において発光層中のAsが抜けてしまうという問題を解消することができ、また、500℃以下の低温、700℃以上の高温での2段階の熱処理により、応力緩和が促され、後工程におけるボンディングの際に接着が剥がれてしまうという問題を解消することができる。

【0024】このようなGaPバッファ層をMOCVD法により形成する際、良好な膜状態を得るとともに、上述のようにキャリア濃度を高精度に制御するためには、成膜時の温度は600～800℃、圧力は10～100 Torrで、成膜中は温度及び圧力をほぼ一定にする必要がある。また、成膜効率を考慮すると、膜厚は10μm未満とする必要がある。

【0025】本実施形態において、GaPバッファ層をp型とし、ドーパントをZnとしたが、Mgでも良い。その場合は、ドーパントガスにはベンタジエニルマグネシウム(PC2Mg)を用いることができる。また、ドーパントはSi、Se等n型としても良く、その場合は、ドーパントガスには夫々SiH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>Seを用いることができ、GaP基板はn型に、クラッド層の導電型は夫々逆になる。

6

【0026】また、発光層6にInGaAlP系化合物半導体を用いたが、AlGaAs系化合物半導体を用いても良い。また、発光層6において、p型クラッド層3、n型クラッド層の間に活性層4を介していなくても良い。また多重量子井戸構造としても良い。さらに、劣化対策として各クラッド層を2段としても良い。例えば、n-InAlP第1クラッド層(0.55μm) / n-In<sub>0.49</sub>(Ga<sub>0.4</sub>Al<sub>0.6</sub>)<sub>0.5</sub>P第2クラッド層(0.05μm) / ノンドープ活性層(0.5μm) / p-In<sub>0.49</sub>(Ga<sub>0.4</sub>Al<sub>0.6</sub>)<sub>0.5</sub>P第2クラッド層(0.05μm) / p-InAlP第1クラッド層(0.55μm)といった構造をとることができる。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、InGaAlP系又はAlGaAs系の化合物半導体からなる発光層とGaP基板を、接着界面抵抗を精度良く制御して貼り合わせることが可能な光半導体装置の製造方法及び光半導体装置を提供することができる。

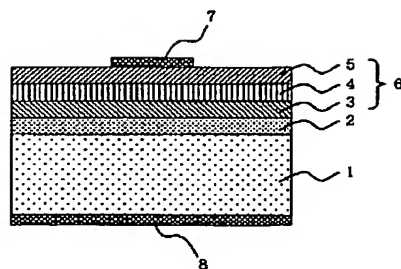
【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の光半導体装置の構造を示す図。
- 【図2】 本発明の光半導体装置の製造工程を示す図。
- 【図3】 本発明の光半導体装置の製造工程を示す図。
- 【図4】 本発明の光半導体装置の製造工程を示す図。
- 【図5】 本発明の光半導体装置の製造工程を示す図。
- 【図6】 本発明の光半導体装置を示す図。
- 【図7】 本発明の光半導体装置における特性を示す図。
- 【図8】 本発明の光半導体装置における特性を示す図。
- 【図9】 本発明、従来例における特性を示す図。
- 【図10】 従来の光半導体装置の構造を示す図。

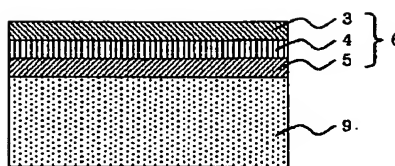
【符号の説明】

- 1 p型GaP基板
- 2 p型GaPバッファ層
- 3、17 p型クラッド層
- 4、16 活性層
- 5、15 n型クラッド層
- 6、18 発光層
- 7、19 n側電極
- 8、20 p側電極
- 9、14 n型GaAs基板
- 10 ワイヤー
- 11 反射板
- 12 リード
- 13 樹脂

【図1】



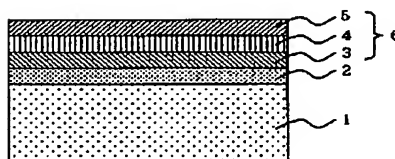
【図2】



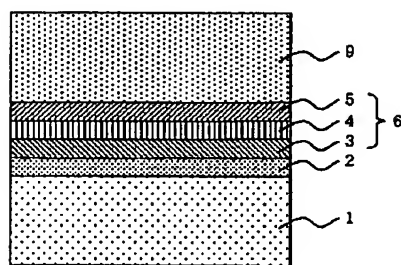
【図3】



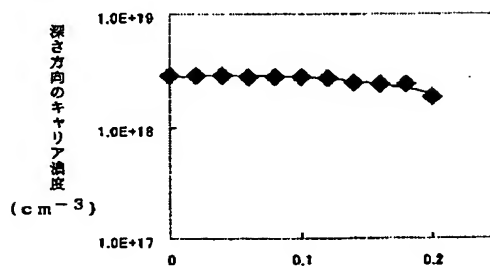
【図5】



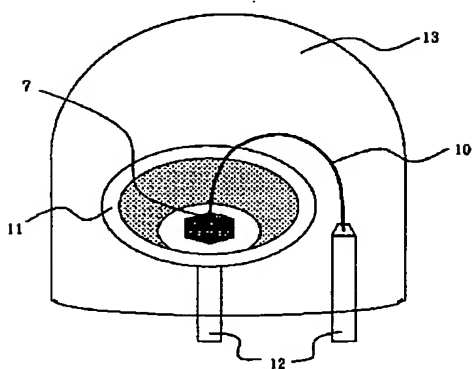
【図4】



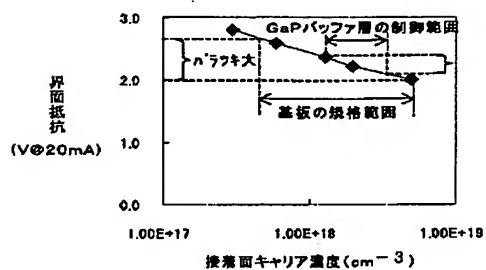
【図7】



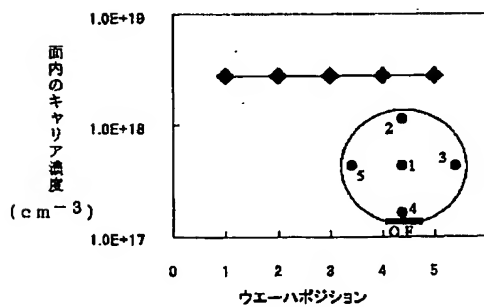
【図6】



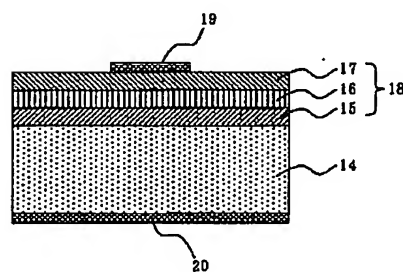
【図9】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA21 CA04 CA12 CA34  
CA36 CA53 CA57 CA65 CA74  
CA77 DB01 FF01  
5F045 AA04 AB11 AC01 AC08 AC19  
AD09 AD10 AD11 AD12 AE23  
AF04 BB04 CA10 CB02 DA59